

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-111223

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月23日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 0 1 N 1/28		G 0 1 N 1/28	G
1/32		1/32	B
H 0 1 J 37/20		H 0 1 J 37/20	A
			C
37/22	5 0 1	37/22	5 0 1 A
審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 10 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平8-264067

(22) 出願日 平成8年(1996)10月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 常田 るり子

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 柿林 博司

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 高口 隆彦

東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁護士 小川 聡男

最終頁に続く

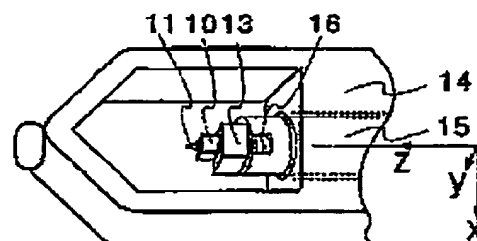
(54) 【発明の名称】 3次元構造観察用試料作製装置、電子顕微鏡及びその方法

(57) 【要約】

【課題】 微細に加工された半導体デバイス内の所望の箇所の3次元の構造を観察するための電子顕微鏡用試料作製装置、電子顕微鏡及びその方法を提供する。

【解決手段】 試料片10の加工にダイサーを用い、試料片上の観察対象となる部分を突起状に削り出す加工に聚焦イオンビーム加工を用い、試料片10を1面全方向傾斜試料ホルダに、突起11の中心軸と試料傾斜軸Zを一致させて固定し、高角に散乱された電子で結像したTEM像を投影像として用い、再構成を行う。

図4



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】イオン源、コンデンサレンズ、対物レンズ、試料ホルダ、試料回転・移動機構、試料冷却機構、質量分析器、画像記録装置及び制御用計算機からなる集束イオンビーム加工装置であって、観察対象を内包する突起部分を有する形状に試料を加工するイオンビーム偏向器、イオンビーム制御機構及びプランカを具備することを特徴とする3次元構造観察用試料作製装置。

【請求項2】請求項1記載の観察対象を内包する突起部分を有する形状は、上記突起の直径が透過電子顕微鏡像が観察可能な値であることを特徴とする3次元構造観察用試料作製装置。

【請求項3】請求項1記載の試料を加工する手段は、試料の2次元顕微鏡像を記録し、上記2次元顕微鏡像内の観察対象を含む突起に加工する領域を指定し、上記領域以外をイオンビームが定査する様にイオンビーム偏向器を制御する手段を含むことを特徴とする3次元構造観察用試料作製装置。

【請求項4】請求項1記載の試料を加工する手段は、試料の2次元顕微鏡像を記録し、上記2次元顕微鏡像内の観察対象を含む突起領域を指定し、イオンビームで試料上を走査し、イオンビーム入射位置が上記突起領域を走査する時は計算機制御されたプランカによってイオン照射を中断する手段を含むことを特徴とする3次元構造観察用試料作製装置。

【請求項5】請求項1記載の試料を加工する手段は、試料を突起の中心軸回りに回転させる手段、突起の中心軸に対して直交する方向からイオンビームを入射し、突起の半径が所望の値になるまで突起表面を削除する手段を含むことを特徴とする3次元構造観察用試料作製装置。

【請求項6】電子銃、電子レンズ、電子偏向コイル、試料ホルダ、試料回転・移動機構、エネルギーフィルタ、画像記録装置及び制御用ソフトと画像処理ソフトを備えた計算機からなる電子顕微鏡であって、観察対象を内包する突起部分を有する試料を試料室内で入射電子線と直交する回転軸回りに360°回転できる試料ホルダ、上記試料の3次元構造を観察する手段を含むことを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項7】請求項6記載の試料ホルダは、試料台、棒状支持具及び保持筒から構成され、上記棒状支持具は保持筒内で試料回転軸回りに360°回転でき、棒状支持具の回転軸と試料台の回転軸を一致させて固定する手段と、試料台の回転軸と突起の中心軸を一致させて固定する手段を有することを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項8】請求項7記載の試料台は、突起の脱落を防ぐための保護カバーを備えていることを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項9】請求項7記載の棒状支持具の回転軸と試料台の回転軸を一致させて固定する手段は、試料台下部と

(2)

特開平10-111223

2

棒状支持具の先端に設けられたネジ及びネジ穴であることを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項10】請求項7記載の試料台の回転軸と突起の中心軸を一致させて固定する手段は、試料台に設けられた棒状組の目印であり、各組の目印を結ぶ直線の交点は試料台の回転軸上にあり、上記交点と突起の中心軸が一致するように試料台に対する試料の位置を微調整する手段を有することを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項11】請求項7記載の試料台の回転軸と突起の中心軸を一致させて固定する手段は、試料台を試料台の回転軸回りに回転させる装置であり、上記装置を用いて試料台を回転させたとき、試料台上に設置した試料の突起の中心軸が移動しないように試料台に対する試料の位置を微調整する手段を有することを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項12】観察対象を内包する突起を有する形状に試料を加工する工程、上記形状の試料を試料ホルダに固定する工程、上記試料を1回転の任意の方向から観察した棒状組の透過電子顕微鏡像を得る工程、上記棒状組の透過電子顕微鏡像から観察対象の3次元構造を推定する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項13】請求項12記載の観察対象を内包する突起部分を有する形状は、上記突起の直径は透過電子顕微鏡の入射電圧100kVから300kVでは100nm以下とすることを特徴とした3次元構造観察法。

【請求項14】請求項12記載の試料を前記形状に加工する工程は、試料の2次元顕微鏡像を記録して計算機に入力して突起領域を設定し、上記領域の周辺部のみをイオンビームが定査するようにイオンビーム偏向器を計算機によって制御することによって突起以外の部分のみを削除する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項15】請求項12記載の試料を前記形状に加工する工程は、試料の2次元顕微鏡像を記録して計算機に入力して突起領域を設定し、イオンビームで試料上を走査し、イオンビーム入射位置が上記突起領域を定査する時はプランカを用いてイオン照射を中断することによって突起以外の部分のみを削除する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項16】請求項12記載の試料を前記形状に加工する工程は、試料を突起の中心軸回りに回転させながら突起の中心軸に対して直交する方向からイオンビームを入射し、突起表面を削除しながら突起を所望の半径に加工する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項17】請求項16記載の試料を突起の中心軸回りに回転させながら突起の中心軸に対して直交する方向からイオンビームを入射する工程は、試料傾斜軸と突起の中心軸の位置ずれによる突起中心軸の回転を追跡しながらイオンビームを定査する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

(3)

特開平10-111223

3

4

【請求項18】請求項16記載の突起を所望の半径に加工する工程は、イオンビーム入射位置を所望の半径の位置に設定することにより、突起半径が所望の半径よりも大きいため粗加工となり、所望の半径に近づくとき小さくなるため仕上げ加工となる工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項19】請求項12記載の試料を試料ホルダに固定する工程は、試料台に設けられた複数組の目印を用い、各組の目印を結ぶ直線の交点である試料台の回転軸と突起の中心軸が一致するように試料台に対する試料の位置を調整し、突起の中心軸と試料台の傾斜軸を一致させて固定する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項20】請求項12記載の試料を試料ホルダに固定する工程は、試料台の回転軸回りに試料台を回転させる装置に試料を設置して試料台を回転させたとき、突起の中心軸が移動しないように試料台に対する試料の位置を調整し、突起の中心軸と試料台の傾斜軸を一致させて固定する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項21】請求項12記載の試料を1組回りの任意の方向から観察した複数枚の透過電子顕微鏡像は、試料内を通過した電子線のうちエネルギーフィルタによって特定のエネルギーの電子で結像した像であることを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項22】請求項12記載の試料を1組回りの任意の方向から観察した複数枚の透過電子顕微鏡像は、試料内を通過した電子線のうち高角散乱電子で結像した像であり、試料の電子散乱能と像コントラストとが線形関係に近似できることを特徴とする3次元構造観察法。

【請求項23】請求項12記載の複数枚の透過電子顕微鏡像から観察対象の3次元構造を推察する工程は、透過電子顕微鏡像を投影像として用い、上記投影像を画像再構成する工程を含むことを特徴とする3次元構造観察法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微細に加工された半導体デバイス内の所望の箇所における構造を3次元的に観察するための3次元構造観察用試料作製装置及びその観察手段と方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイスでは試料構造が微細になるにつれ、高空間分解能を持つ透過電子顕微鏡（以下略してTEM）による観察の重要性が高まってきている。それに加え、様々なパターン形状を重ね合わせて作製される半導体デバイスの構造を3次元的に評価したいという要求も高まってきている。

【0003】これらの要求に対し、TEMを用いて試料

の3次元構造を観察する試みがなされてきた。以下、従来の観察法の手順を示す。

【0004】まず観察対象のTEM像を観察するために、試料を薄断化する。試料内を電子線が透過できる距離は短く、透過電子顕微鏡の入射電圧100から300kVでは、電子線が透過できる距離は100nm以下である。観察対象の厚さを100nm以下にするために、研磨剤を用いて試料を100μm程度まで薄断化する。更に観察対象近傍をすり鉢状に研磨して厚さ数10μmにした後、例えば特開平5-312700号記載のTEM試料の作製装置を用いて100nm以下に薄断化する。

【0005】薄断化した試料片をリング状の試料台に固定し、上記試料台の周辺部を、例えば特開平6-139386号記載の電子顕微鏡の試料支持方法及び装置に示される試料ホルダに固定した後試料室に挿入し、観察対象のTEM像を観察する。3次元構造を評価するには試料片を試料室内で傾斜させて複数方向から撮影したTEM像を用いる。

【0006】更に3次元構造を定量的に評価するには、TEM像を投影像として用い、3次元再構成を行う。結晶性試料のTEM像を投影像として用いるためには、特開平3-110125号記載の3次元原子配列観察装置を用いて試料内の原子によって高角に散乱された電子で結像した高角散乱電子像を用いる必要がある。これはTEM像のコントラストには主に電子散乱能を反映した散乱コントラストだけでなく、主に結晶構造を反映した回折コントラストが混在しており、TEM像を投影像として用いるには回折コントラストを低減させる必要があるからである。上記高角散乱電子像を用い、特開平3-110126号記載の方法で3次元構造再構成を行う。まず投影断面定圧を用いて各2次元断面を再構成し、それらを積み重ねて3次元構造を構築する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来のTEM観察用試料片では、観察対象はすり鉢状に加工された試料片の中心近傍に存在する。この様な形状では、試料片を大きく傾斜させると電子線を通過させる試料厚さが厚くなり、電子線が透過できないためにTEM像が得られなくなる。また従来のTEM観察用試料ホルダでは、試料ホルダを大きく傾斜させるとリング状の試料台や試料ホルダが電子線の経路を遮ってしまうため、TEM像が得られなくなる。つまり従来の試料片形状及び試料ホルダを用いる限り、試料傾斜角度範囲に制限があり、観察対象を任意の方向から観察することはできない。汎用TEMにおける傾斜角度範囲は±60度程度であり、高空間分解能のTEMは電子レンズのギャップは狭く設計されているため、試料ホルダを挿入する試料室の幅が狭くなり、更に傾斜角度範囲は狭くなっている。

【0008】更に試料傾斜角度範囲の制限は、3次元再構成において非常に大きな障害となる。画像再構成で用

(4)

特開平10-111223

5

6

いられる投影面切断定理とは、試料 $f(x, y)$ の θ 方向からの投影データ $p(r, \theta)$ の1次元フーリエ変換は、試料の2次元フーリエ変換 $F(\mu, \nu)$ の θ 方向の切断面のラインプロファイルと一致するという定理である(図17(a))。つまり全方向の投影データが得られれば、試料構造に関する全ての情報は得られたことになる(図17(b))。

【0009】しかし投影角度範囲が制限されると、図17(c)に示す様に必要な情報が欠落してしまい、正確な再構成像を得ることが原理的に困難となる。投影角度制限下で再構成を行うと、再構成像上に歪しいアーティファクトが発生し、上記アーティファクトのために試料構造の解析ができないこともある。上記アーティファクトを画像復元処理によって低減する方法が検討されてきたが、試料構造に関する様々な仮定が必要であったり、また復元処理を適用できる試料形状が限定されたりしていた。また同一構造と見られる試料を複数個用意し、上記試料を異なる方向から撮影して試料の全方向の投影像を得る試みもなされているが、デバイス不良箇所の解析の様に不良素子がただ1つしか存在しない場合には適用できなかった。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明では3次元顕微鏡用試料片として、観察対象を内包する突起部分を持つ形状に加工した試料片を用いる。上記試料片では突起の中心軸回りの全方向から観察対象を観察できる。上記形状に試料片を加工するために、ダイサー、東京イオンビーム加工装置等を用いる。上記東京イオンビーム加工装置は観察対象を内包する突起作用のイオンビーム偏向器及びブランカを有する。更に試料ホルダとして1軸全方向傾斜試料ホルダを用いる。上記1軸全方向傾斜試料ホルダは保持筒と上記保持筒によって支えられた棒状支持具によって構成され、上記棒状支持具は1軸全方向に傾斜できる様に設計されている。上記試料片を上記棒状支持具の先端に突起の中心軸と試料傾斜軸を合わせて設置すれば、観察対象を突起の中心軸回りに360°傾斜して観察できる。つまり観察対象の全方向のTEM像を得ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施例で用いた透過電子顕微鏡の基本構成である。電子銃1、コンデンサレンズ2、電子線偏向コイル3、対物レンズ4、試料ホルダ5、試料傾斜機構6、インカム(in-column)型7またはポストコラム(post-column)型35のエネルギフィルタ、画像記録装置8及び制御用ソフトと画像処理ソフトを備えた計算機9から構成されている。

【0012】図2に本実施例で用いる試料片10の形状を示す。試料片10はある面に突起部分11を持つチップに加工されている。突起11の中心軸を z 軸とする。突起部分11は観察対象12を内包している。上記傾斜

における突起の直径 $2R$ は電子線が通過できる範囲内にする。直径 $2R$ は入射電子線の加速電圧に依存し、加速電圧が高くなるほど電子線が透過する距離は長くなる。加速電圧100~300kVの場合には $2R$ は100nm以下、3MVの場合には10 μ m以下である。

【0013】前記試料片10を図3に示す試料台13に固定する。試料台13の上部には試料片10を設置する台、下部には試料台13を棒状支持具15に固定するネジ16が設けられている。試料片10は接着剤で固定する試料台(図3(a))とネジで固定する試料台(図3(b))がある。

【0014】図3(a)の試料台13では試料台13の上部と試料片10の下面を接着剤で固定する。装置構造が単純なので小型化が容易であるという特徴を持つ。図3(b)の試料台13は試料台13の上部に試料片10を設ける凹状部分を有し、上記凹状部分の外縁に取り付けられている4本のネジ40で試料片10を固定する。この構造では、試料台内の試料位置の微調整を4本のネジで行える。また試料片10の脱着が容易なので、一度観察した試料片10に他の装置で処理を施した後、同じ試料片10を観察することも可能である。また接着剤を用いないので、試料室内の真空度の劣化を避けられる。

【0015】図4に1軸全方向傾斜ホルダの構成図を示す。1軸全方向傾斜試料ホルダは保持筒14によって支えられた棒状支持具15を有し、上記棒状支持具15は1軸全方向に傾斜できる。試料傾斜軸方向を2軸、電子線の入射方向をY軸、図2の2つの軸と直交する方向をX軸とする。試料片10の直行移動は従来のTEM用試料ホルダと同様に、パルスモータとテコを用いたホルダ移動機構により、試料ホルダ全体をXYZ方向に移動させて実現する。試料片10を固定した試料台13は棒状支持具15の先端に設けられたネジ穴に試料台13下部のネジ16を差し込んで取り付ける。

【0016】試料台13には、試料台固定の際に突起11の脱着を防ぐため、図7に示すような保護カバー34が取り付けられる。上記保護カバー34は凹状の形状をしており、側面に縦長の穴があいている。図7(a)に示すように保護カバー34を上げてネジ41で固定しておく、作業中に誤って突起11を脱着することがかなり防止できる。突起11を側面から加工・観察する際は、図7(b)に示すように保護カバー34を下げ、ネジ41で固定して使用する。

【0017】ネジ16の中心軸と試料傾斜軸 z を一致させてあるので、棒状支持具15を傾斜させると試料台13はネジ16の中心軸回りに傾斜する。更に突起11の中心軸とネジ16の中心軸を一致させて試料片10を試料台13に固定すれば、突起11つまり観察対象12を1軸全方向に傾斜して観察できる。

【0018】突起11の中心軸と試料傾斜軸 z を一致させるための構造としては、例えば以下の2つがある。

(5)

特開平10-111223

7

8

【0019】1つは前記試料台13に図5(a)に示す様に付けられた目印17と光軸上に十字のパターン18が挿入された光学顕微鏡を用いるものである。上記目印17は前記試料台13上部に向かい合わせに2個付けられており、各目印を結ぶ直線は試料台13を挟み支持具15に固定した際に2軸で交差する様になっている。試料台13の目印17を結ぶ直線と十字パターン18が一致する様に試料台13を設置し、上記試料台13に突起11の先端が十字パターン18の中心と一致するように試料を固定すれば、突起11の中心軸と試料ホルダの試料傾斜軸とが一致する。

【0020】もう1つは、試料台13を差し込めるネジ穴を有した試料台回転装置(図5(b))と光学顕微鏡を用いるものである。上記回転装置19は上記試料台13をネジ16の中心軸回りに回転させることができる。試料片10を乗せた試料台13を回転させ、光学顕微鏡で突起11の移動を観察する。突起11の中心軸と試料台と回転軸と一致すれば、突起11の中心位置は回転しなくなる。

【0021】なお図2に示す形状以外の試料片、例えば支持物の先端に観察対象が付着している試料や様々な形状の生物試料などを立体的に観察する場合、試料台13を各試料形状に応じて加工し、上記加工された試料台の下部に試料台13と共通のネジ16を取付けば、共通の挟持支持具15に装着できる。つまり試料形状に応じて加工する箇所は試料台のみで良い。

【0022】また他の計測装置で試料片を観察する際、上記計測装置の試料ホルダに前記試料台固定用ネジに対応するネジ穴を設けておけば、試料台13を共通使用できる。例えば図6に示す歪歪電子顕微鏡(以下略してSEM)用試料ホルダにネジ16に適合するネジ穴を設けておけば、試料片の加工形状を高分解能でSEM観察できる。

【0023】次に3次元構造解析用試料片作製装置である集束イオンビーム加工装置の基本構成を図8に示す。液体金属イオン源21、コンデンサレンズ22、プランカ23、イオンビーム偏向器24、対物レンズ25、試料ホルダ26、試料傾斜機構27、試料冷却機構28、2次イオン検出及び2次イオン質量分析器29及び画像記録と制御用の計算機30から構成される。試料ホルダ26として、前記試料ホルダ5を含む他の試料ホルダを使用できる。上記偏向器24は計算機30の制御によって任意の走査方式で走査できる。また上記プランカ23及び偏向器24は計算機30によって制御されており、集束イオンビームが指定領域を走査しようとするプランカ23によって試料片10へのイオン照射が中断される機能を有する。

【0024】次に3次元解析用試料作製法について説明する。本工程によって図2に示す形状に試料片10を加工する。

【0025】まずダイサを用いて太めの突起11を持つチップに加工する。ダイサの加工精度では突起11の幅は数10μmである。上記方法としては、突起11を作製してからチップに切り分ける方法と、チップに切り分けてから突起11を作製する方法の2つがある。

【0026】まず前者の手順を図9に示す。ウェハをダイサにセットし、幅の広いダイサ31を用いて突起11以外の部分を削り取る(図9(a))。その後幅の狭いダイサ31で図3に示す試料台13に固定できる大きさのチップを切り出す(図9(b))。本法はウェハ内で同一の加工パターンが繰り返されている試料に有効である。

【0027】次に後者の手順を図10に示す。ダイサ31でウェハをチップに切り出した後、突起以外の部分をダイサ31で切り出すあるいは削り取る。前者の方法ではウェハ表面と直交する突起11つまり結晶成長方向と同じ方向の突起11しか作製できないのに対し、本法では任意方向の突起11を作製できる。

【0028】次に前記試料片10を前記試料台13に、太めの突起11の中心軸と試料傾斜軸と一致させて固定する工程を示す。試料片10が試料台13の中心から大きく外れると、後の工程の障害となる。例えば試料片10を回転させながら集束イオンビームを加工する際、試料片10の回転によって突起11が移動してしまうと、突起11の加工精度が低下する。位置ずれが大きい場合にはそれを修正するための工夫が必要である。例えば、位置ずれを修正する試料ホルダ微動機構、位置ずれに追随する集束イオンビーム照射機構等が必要となってくる。

【0029】突起11の中心軸と試料傾斜軸と一致させるために、光学顕微鏡に挿入された十字のパターン18と試料台13の目印17を結ぶ直線とが一致する様に試料台13を設置する方法(図5(a))や、図5(b)に示す様に試料台13を回転させながら突起11の中心の移動を光学顕微鏡で観察し、突起11の中心位置が回転しなくなる様に試料位置を微調整する方法を用いる。

【0030】次に図11、図12に集束イオンビームを用いて、電子線が透過できる太さに突起11を細線化する工程を示す。上記工程には集束イオンビームを突起11の中心軸に対してほぼ並行な方向から入射する方法と直交する方向から入射する方法がある。

【0031】まず、図11では集束イオンビーム33を突起11の中心軸に対してほぼ並行な方向から入射する工程を示す。試料片10を突起11の中心軸と集束イオンビーム33の入射方向が並行になるように集束イオンビーム試料室に設置し、2次イオン像を観察する。この観察像を計算機に入力して画像表示装置に表示し、突起領域111を指定する。突起領域111の中心つまり加工後突起先端となる位置に集束イオンビームを用いて目印32をマーキングする。細線化された突起11を

50

9

2軸方向から観察した像から突起内の解析対象12の位置を特定するのは一般に困難だからである。尚、太めの突起11に加工した時点で観察対象の位置を見失う試料は、太めの突起11に加工する前に目印32を付けておく必要がある。また本工程によって観察対象近傍の突起11の太さは100nm以下になるので突起は非常に破損し易くなる。突起の破損防止のためには突起形状を円柱状よりも円錐状にすることが望ましい。

【0032】従来の集束イオンビーム加工法では試料上で集束イオンビーム33を図11(a)に示す様に走査していた。本法では突起領域111を残して集束イオンビーム33を走査しなければならない。例えば図11(a)に示す様に突起領域111を指定した場合、集束イオンビーム33を図11(b)に示す様に円状に走査すれば突起以外の領域のみを削除できる(図11(c))。楕円や正方形など形状に加工したい場合は集束イオンビーム33を楕円または正方形に走査すれば良い。突起形状を円錐状にする場合は、突起中心近傍が残るように、中心近傍における集束イオンビーム走査速度を高近傍よりも速くなるように調整する。本法は従来の集束イオンビーム加工装置の集束イオンビーム偏向磁石の制御プログラムを替えれば実現できる。

【0033】また別の方法として図12のように、計算制御されたプランカ23を利用する方法がある。集束イオンビーム33は従来の同様に走査し(図12(a))、集束イオンビーム33が突起領域111を走査する時には計算制御されたプランカによって集束イオンビーム照射が中断される(図12(b))。突起形状を円錐状にする場合は、集束イオンビーム照射中断領域を同心円的に拡大・縮小し、中心近傍が残るように調整する。前記図11の加工法では集束イオンビーム走査モードがTVの走査モードと異なるため、加工中に試料の2次イオン像を得ることができないが、本法では試料加工中の2次イオン像をTV画面上で常に監視しながら加工を行える。

【0034】次に、集束イオンビーム33を突起11の中心軸2に対してはば直交する方向から入射する工程を示す。試料片10を突起11の中心軸2と集束イオンビーム33の入射方向が直交するように集束イオンビーム試料室に設置し、2次イオン像を観察する。例えば図13(a)の様に突起の根本近傍に目印32をマーキングする。突起領域111を指定し、他の領域は集束イオンビーム33を照射して削除する。上記領域の削除が終了すると試料を傾斜し、上記工程を繰り返す(図13(b))、所望の形状に試料を加工する(図13(c))。集束イオンビーム33の入射方向と突起11の中心軸2を並行に設定して加工する方法では試料加工中に突起11の真上からしか観察できなかったが、本法では突起11を傾方向から観察できるので、突起11の根本近傍のデバイスパターン形状を参照しながら、観察

(6)

待機中10-111223

10

対象の位置を指定することができる。

【0035】また試料片10を回転させながら集束イオンビーム33を照射しても良い。図14に示す様に試料片10を2軸回りに回転させながら集束イオンビーム33を照射する。その際集束イオンビーム33の入射位置を突起11の中心軸2の位置よりも所望の半径Rだけずらして指定する。集束イオンビーム33の試料表面に対する入射角度 θ は、突起半径rが大きいたまは直角度($\theta=1$)で入射するので、試料ダメージは大きい加工速度は速くなる(図15(a))。突起半径rが小さくなるに従って試料入射角度が小さくなる($\theta=2$)ので、加工速度は遅くなるが試料ダメージは少なくなる(図15(b))。突起半径rが所望の半径Rよりも小さくなると集束イオンビーム照射は自動的に終了する(図15(c))。

【0036】なお、突起11の中心軸2と試料回転軸2の位置がずれていると、試料を回転させた時に突起11の中心軸2の位置がずれるので、予め液つかの回転角度における突起11の中心軸2の位置を測定して計算機に入力し、上記位置ずれを追跡するように試料回転と同期させながら集束イオンビームを走査する。本法には集束イオンビームのビーム径よりも細い突起を比較的容易に作製できるという特徴がある。また加工が進むに連れて試料ダメージが小さくなることから、試料の仕上げ工程として有効である。

【0037】以上の方法を用いて試料を加工する。試料が所望の形状に加工されたかの判断は2次イオン像による形状観察、または2次イオン質量分析法による組成解析、2次電子像による高空間分解能の形状観察等を用いる。

【0038】なお突起状に加工する工程において、試料を観察してから解析対象を決定する場合もある。つまりあるデバイスで不良原因となり得る箇所が複数箇所存在し、TEM像で観察してからでなければ3次元的に解析したい領域が決定できない場合がある。例えば図16に示す様に、パターン形状の一部が断線している場合、まず図16(a)に示すような板状に試料を加工してTEMで観察し、断線箇所を観察対象12と特定した後、上記観察対象12を内包する突起(図16(b))に加工し、断線状態を3次元的に観察する。

【0039】前記工程によって作製された試料片10の観察は従来のTEM観察と同様に行う。試料片10が固定されている試料台13を保持筒14内の棒状支持具15に固定し、TEM試料室に挿入し、加速した電子線を観察対象12に照射し、そのTEM像を得る。観察対象12を2軸回りに自由に傾斜させながら3次元構造を観察する。

【0040】本発明を用いれば、例えばある不良箇所近傍のデバイスパターン形状及びその周辺の析出物の3次元分布等を直接評価できる。また本技術によって全方向

11

の投影像を得ることが可能となり、3次元再構成のための必要条件が初めて満たされたのである。本法によって、ただ1つの試料片から任意形状の構造を再構成することが可能となる。

【0041】なお、観察対象12の領域が広範囲である場合、観察対象12を内包する突起の直径2Rは必然的に大きくなってしまい、突起の直径2Rが大きくなると、試料内で散乱される電子が増加するため、観察像の空間分解能が低下してしまう。加速電圧100kV～300kVで通常のTEM像を得る際、試料厚さを数10nm程度にして観察しており、これ以上厚くすると観察像が不鮮明になってくる。厚膜試料観察に対しては、エネルギーフィルタを用いた弾性散乱電子の除去が効果を発揮する。試料内を通過した電子のうち弾性散乱電子のみが通過できる様にエネルギーフィルタのスリットを設定して非弾性散乱電子を除去すれば、フィルタなしの場合の数倍の厚さの試料が観察できるようになる。

【0042】

【発明の効果】本発明を用いれば、観察対象を突起の中心軸周りの任意の方向から観察したTEM像を得られるので、3次元的な試料構造を直接評価できる様になる。また、試料の3次元構造を再構成するための必要条件ある全方向の投影像の観察が実現される。従って試料に関する未知情報を得る必要はなく、任意の試料形状を1つの試料片から正確に再構成できる。

【0043】本発明によって、3次元的に構築されたデバイス構造内の任意形状及び任意位置の試料構造を3次元的に解析し、デバイスのプロセスのチェックや最適化さらにはデバイス設計に関する重要な情報を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例で用いた透過電子顕微鏡の全体構成図。

【図2】3次元観察用試料片の形状を示す概念図。

【図3】試料片を設置する試料台の構成図。

【図4】1軸全方向試料ホルダの構成図。

(7)

特開平10-111223

12

*【図5】試料片の加工位置調整の説明図。

【図6】SEM用標準試料ホルダの断面図。

【図7】試料破損保護カバーの構成図。

【図8】本発明の実施例の集束イオンビーム加工装置の基本構成図。

【図9】ダイサーを用いて太めの突起を切り出す工程を示す説明図。

【図10】ダイサーを用いて太めの突起を切り出す工程を示す説明図。

10 【図11】試料片の加工工程の説明図。

【図12】試料片の加工工程の説明図。

【図13】試料片の加工工程の説明図。

【図14】試料片の加工工程の説明図。

【図15】試料片に形成する突起部の半径とイオンビーム加工位置の関係を示す説明図。

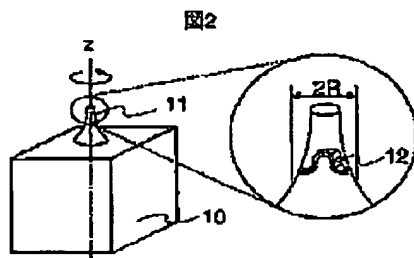
【図16】試料片上の観察対象部の説明図。

【図17】投影切断面定形の説明図。

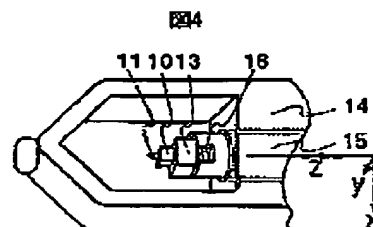
【符号の説明】

1…電子銃、2…コンデンサレンズ、3…電子偏向コイル、4…対物レンズ、5…試料ホルダ、6…試料傾斜機構、7…in-column型エネルギーフィルタ、8…画像記録装置、9…制御用ソフトと画像処理用ソフトを備えた計算機、10…試料片、11…突起、12…観察対象、13…試料台、14…検出筒、15…試料支持具、16…試料台固定用ネジ、17…試料片位置調整用の目印、18…光学顕微鏡の光軸上に挿入された十字パターン、19…試料台回転装置、20…SEM用標準試料台、21…液体金属イオン源、22…コンデンサレンズ、23…ブランカ、24…イオンビーム偏向器、25…対物レンズ、26…試料ホルダ、27…試料傾斜機構、28…試料冷却機構、29…質量分析器、30…画像記録装置及び制御用計算機、31…ダイサー、32…観察対象の位置参照に用いる目印、33…イオンビーム、34…試料破損保護カバー、35…post-column型エネルギーフィルタ、111…突起領域。

【図2】



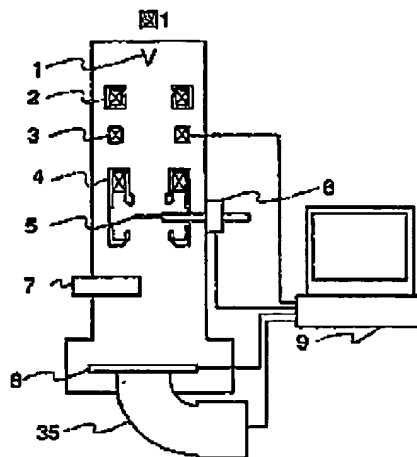
【図4】



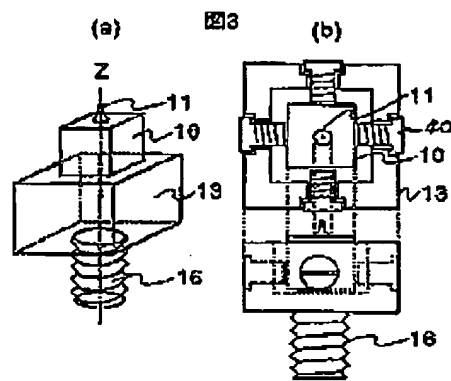
(8)

行開平10-111223

【圖1】

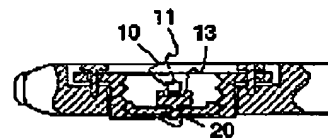


【圖3】



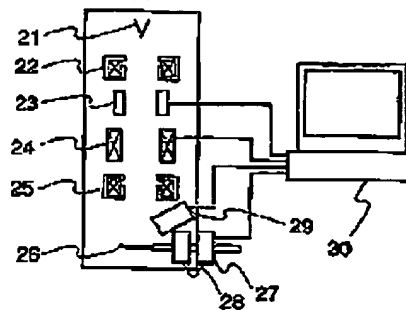
【圖6】

圖6

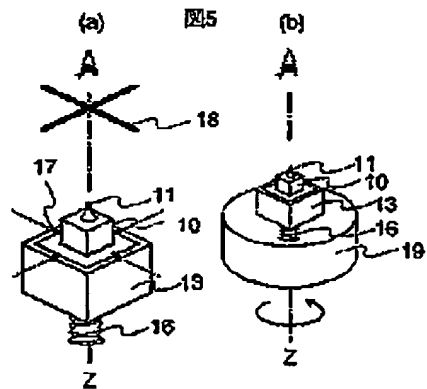


【圖8】

圖8

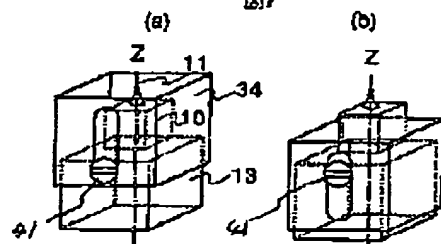


【圖5】



【圖7】

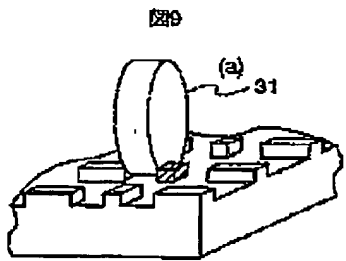
圖7



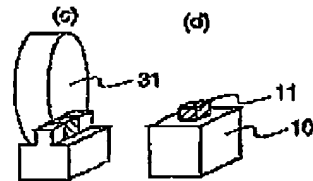
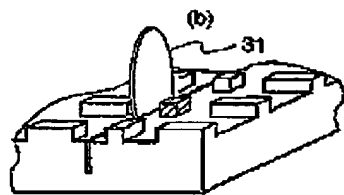
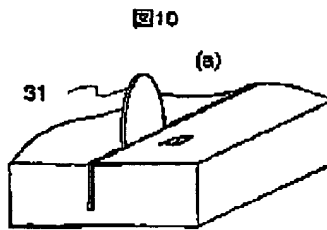
(9)

待組平10-111223

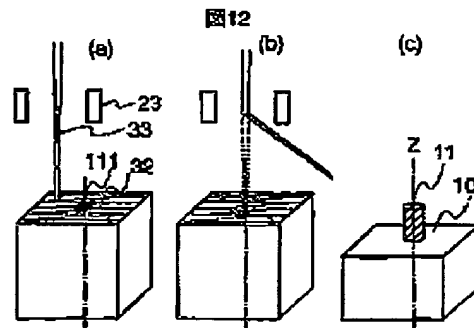
【圖9】



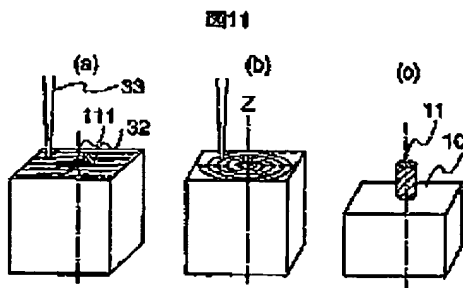
【圖10】



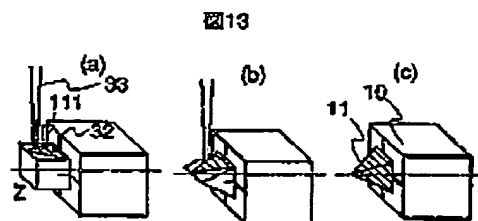
【圖12】



【圖11】



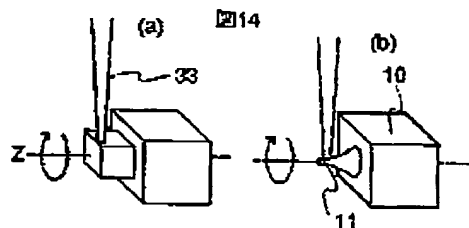
【圖13】



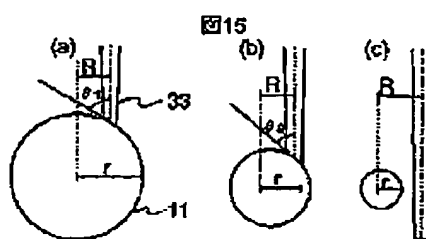
(10)

特開平10-111229

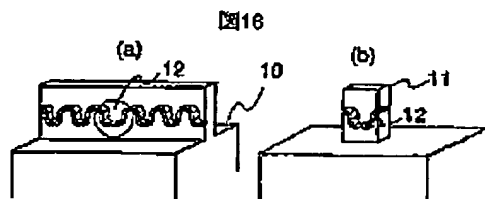
【図14】



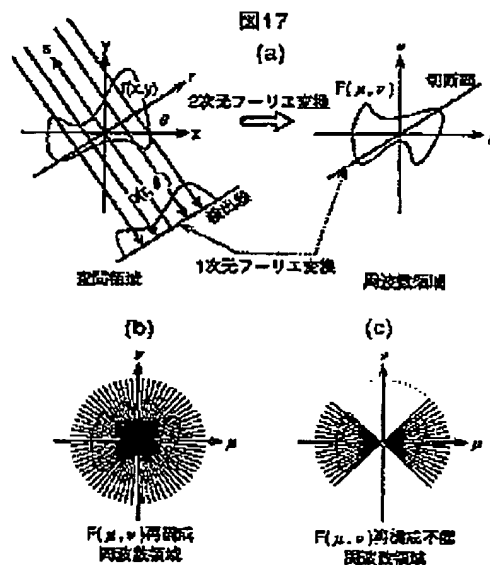
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁹

H01J 37/30

識別記号

FI

H01J 37/30

Z

(72)発明者 中村 邦康

東京都目黒区青森一丁目28番地
株式会社日立製作所中央研究所内

特開平10-111223

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第1区分
 【発行日】平成15年3月12日(2003.3.12)

【公開番号】特開平10-111223
 【公開日】平成10年4月28日(1998.4.28)
 【年号号数】公開特許公報10-1113
 【出願番号】特願平8-264067
 【国際特許分類第7版】

G01N 1/28

1/32

H01J 37/20

37/22 501

37/30

【F1】

G01N 1/28

G

1/32

B

H01J 37/20

A

C

37/22 501 A

37/30 Z

【手続修正書】

【提出日】平成14年11月28日(2002.11.28)

【手続修正1】

【補正対象言語名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】電子銃と、電子レンズと、電子線偏向コイルと、試料ホルダと、試料回転・移動機構と、非弾性散乱電子を除去するためのエネルギーフィルタとを少なくとも有し、さらに、前記試料ホルダが、1軸全方向に傾斜する荷重支持具と、試料傾斜2軸方向、電子線の入射Y軸方向、および、前記2つの軸と直交するX軸方向にホルダ全体を移動させる、ホルダ移動機構とを含むことを特徴とする3次元構造観察用電子顕微鏡。

【請求項2】電子顕微鏡によって試料を3次元に構造解

析する方法であって、試料片を360°回転させるために、前記試料ホルダ内の荷重支持具の先端に設置された試料片の中心軸は、試料傾斜軸と一致させてあることを特徴とする3次元構造観察方法。

【請求項3】イオン源と、コンデンサレンズと、対物レンズと、試料ホルダと、質量分析器とを少なくとも有し、さらに観察対象を内包した試料片に試料を加工するための試料移動・回転装置と、イオン偏向器と、イオンビーム制御機構と、イオン照射の中断装置とを具備することを特徴とする3次元構造観察用試料作成装置。

【請求項4】請求項3記載の3次元構造観察用試料作成装置において、観察対象を内包した試料片に加工するために、試料を突起の中心軸回りに回転させる手段と、突起の中心軸に対し直交、あるいは、平行方向からイオンビームを入射させる手段とを含むことを特徴とする3次元構造観察用試料作成装置。

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Sample production equipment for three-dimensional structure observation characterized by providing the ion beam deflecting system, the ion beam controlling mechanism, and Branka who process a sample into the configuration which has the projection part which is focusing ion beam machining equipment which consists of the ion source, a condensing lens, an objective lens, a sample holder, sample rotation / migration device, a sample cooler style, a mass spectrograph, image recording equipment, and a control computer, and connotes the candidate for observation.

[Claim 2] For a transmission electron microscope image, the diameter of the above-mentioned projection is [the configuration which has the projection part which connotes the candidate for observation according to claim 1] sample production equipment for three-dimensional structure observation with which it is characterized by being an observation possible value.

[Claim 3] A means to process a sample according to claim 1 is sample production equipment for three-dimensional structure observation characterized by including a means to control ion beam deflecting system so that the two-dimensional observation image of a sample is recorded, the field processed into the projection containing the candidate for observation in the above-mentioned two-dimensional observation image is specified and an ion beam scans except the above-mentioned field.

[Claim 4] A means process a sample according to claim 1 is sample production equipment for three-dimensional structure observation characterized by to include a means interrupt ion irradiation by Branka by whom computer control was done when recorded the two-dimensional observation image of a sample, the projection field containing the candidate for observation in the above-mentioned two-dimensional observation image was specified, a sample top was scanned by the ion beam and an ion beam incidence location scanned the above-mentioned projection field.

[Claim 5] A means to process a sample according to claim 1 is sample production equipment for three-dimensional structure observation which carries out incidence of the ion beam from a means to rotate a sample to the circumference of the medial axis of a projection, and the direction which intersects perpendicularly to the medial axis of a projection, and is characterized by including a means to delete a projection front face until the radius of a projection becomes a desired value.

[Claim 6] The electron microscope for three-dimensional structure observation characterize by to include the sample holder which can rotate 360 degrees of the samples which have the projection part which be the electron microscope which consist of a computer equipped with an electron gun, an electron lens, an electron ray deflecting coil, a sample holder, sample rotation / migration device, an energy filter, image recording equipment and the software for control, and image processing software, and connote the candidate for observation to the circumference of the revolving shaft which intersect perpendicularly with an incidence electron ray in the sample interior of a room, and a means observe the three-dimensional structure of the above-mentioned sample.

[Claim 7] It is the electron microscope for three-dimensional structure observation characterized by to have a means for a sample holder according to claim 6 to consist of a sample base, cylindrical support, and a maintenance cylinder, to make in agreement a means for the 360 degrees of the above-mentioned

cylindrical support to be rotated to the circumference of a sample revolving shaft within a maintenance cylinder, to make in agreement the revolving shaft of cylindrical support, and the revolving shaft of a sample base, and to fix, and the revolving shaft of a sample base and the medial axis of a projection, and to fix.

[Claim 8] A sample base according to claim 7 is an electron microscope for three-dimensional structure observation characterized by having the protective cover for preventing breakage of a projection.

[Claim 9] A means to make in agreement the revolving shaft of cylindrical support according to claim 7 and the revolving shaft of a sample base, and to fix is an electron microscope for three-dimensional structure observation characterized by being the screw and screw hole which were prepared at the sample base lower part and the tip of cylindrical support.

[Claim 10] It is the electron microscope for three-dimensional structure observation which means make in agreement the revolving shaft of a sample base according to claim 7 and the medial axis of a projection, and fix are two or more sets of marks prepared in the sample base, and is characterized by to have a means tune the location of the sample to a sample base finely so that the intersection of the straight line which connects the mark of each class may be on the revolving shaft of a sample base and the medial axis of the above-mentioned intersection and a projection may be in agreement.

[Claim 11]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the sample production equipment for three-dimensional structure observation, and its observation means and approach for observing the structure in the part of the request in the semiconductor device processed minutely in three dimension.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the semiconductor device, the importance of observation by the transmission electron microscope (omitting below TEM) which has resolution between altitude has been increasing as sample structure becomes detailed. The demand of wanting to evaluate the structure of the semiconductor device which piles up various pattern configurations and is produced in three dimension in addition to it has also been increasing.

[0003] The attempt which observes the three-dimensional structure of a sample using TEM has been made to these demands. Hereafter, the procedure of the conventional observational method is shown.

[0004] A sample is thin-film-ized in order to observe the TEM image for observation first. The distance in which an electron ray can penetrate the inside of a sample is short, and the distance which can penetrate an electron ray by 300kV from the incidence electrical potential difference 100 of a transmission electron microscope is 100nm or less. In order to set thickness for observation to 100nm or less, an abrasive material is used and a sample is thin-film-ized to about 100 micrometers. Furthermore, after grinding near for observation in the shape of a earthenware mortar and making it 10 micrometers of thickness numbers, it thin-film-izes to 100nm or less using the production equipment of a TEM sample given in JP,5-312700,A.

[0005] After fixing the thin-film-ized test piece to a ring-like sample base and fixing the periphery of the above-mentioned sample base to the sample holder shown in the sample manner of support and equipment of an electron microscope given [for example,] in JP,6-139986,A, it inserts in a sample room, and the TEM image for observation is observed. For evaluating the three-dimensional structure, the TEM image which the test piece was made to incline in the sample interior of a room, and observed it from plurality is used.

[0006] Furthermore, in order to evaluate the three-dimensional structure quantitatively, three-dimension reconstruction is performed, using a TEM image as a projection image. In order to use the TEM image of a crystalline sample as a projection image, it is Japanese Patent Application No. 3-110126. It is necessary to use the angle-of-elevation dispersion electronic image which carried out image formation by the electron scattered on the angle of elevation with the atom in a sample using three-dimension atomic arrangement observation equipment given in a number. This is because not only the scattering contrast that mainly reflected electronic scattering power in the contrast of a TEM image but the diffraction contrast which mainly reflected the crystal structure is intermingled and it is necessary to reduce diffraction contrast, using a TEM image as a projection image. The above-mentioned angle-of-elevation dispersion electronic image is used, and it is Japanese Patent Application No. 3-110126.

Three-dimensional structure reconstruction is performed by the approach given in a number. A 2-

dimensional each cross section is first reconfigured using a projection cutting plane theorem, they are accumulated, and the three-dimensional structure is built.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional test piece for TEM observation, the candidate for observation exists near the core of the test piece processed in the shape of a earthenware mortar. In such a configuration, since the sample thickness which passes an electron ray becomes thick and an electron ray cannot be penetrated if a test piece is made to incline greatly, a TEM image is no longer obtained. Moreover, if a sample holder is made to incline greatly, in order that ring-like a sample base and a sample holder may close the path of an electron ray with the conventional sample holder for TEM observation, a TEM image is no longer obtained. That is, as long as a conventional test piece configuration and a conventional sample holder are used, the range has a limit whenever [sample tilt-angle], and the candidate for observation cannot be observed from the direction of arbitration.

*** NOTICES ***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL FIELD

[Field of the Invention] This invention relates to the sample production equipment for three-dimensional structure observation, and its observation means and approach for observing the structure in the part of the request in the semiconductor device processed minutely in three dimension.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

PRIOR ART

[Description of the Prior Art] In the semiconductor device, the importance of observation by the transmission electron microscope (omitting below TEM) which has resolution between altitude has been increasing as sample structure becomes detailed. The demand of wanting to evaluate the structure of the semiconductor device which piles up various pattern configurations and is produced in three dimension in addition to it has also been increasing.

[0003] The attempt which observes the three-dimensional structure of a sample using TEM has been made to these demands. Hereafter, the procedure of the conventional observational method is shown.

[0004] A sample is thin-film-ized in order to observe the TEM image for observation first. The distance in which an electron ray can penetrate the inside of a sample is short, and the distance which can penetrate an electron ray by 300kV from the incidence electrical potential difference 100 of a transmission electron microscope is 100nm or less. In order to set thickness for observation to 100nm or less, an abrasive material is used and a sample is thin-film-ized to about 100 micrometers. Furthermore, after grinding near for observation in the shape of a earthenware mortar and making it 10 micrometers of thickness numbers, it thin-film-izes to 100nm or less using the production equipment of a TEM sample given in JP,5-312700,A.

[0005] After fixing the thin-film-ized test piece to a ring-like sample base and fixing the periphery of the above-mentioned sample base to the sample holder shown in the sample manner of support and equipment of an electron microscope given [for example,] in JP,6-139986,A, it inserts in a sample room, and the TEM image for observation is observed. For evaluating the three-dimensional structure, the TEM image which the test piece was made to incline in the sample interior of a room, and observed it from plurality is used.

[0006] Furthermore, in order to evaluate the three-dimensional structure quantitatively, three-dimension reconstruction is performed, using a TEM image as a projection image. In order to use the TEM image of a crystalline sample as a projection image, it is Japanese Patent Application No. 3-110126. It is necessary to use the angle-of-elevation dispersion electronic image which carried out image formation by the electron scattered on the angle of elevation with the atom in a sample using three-dimension atomic arrangement observation equipment given in a number. This is because not only the scattering contrast that mainly reflected electronic scattering power in the contrast of a TEM image but the diffraction contrast which mainly reflected the crystal structure is intermingled and it is necessary to reduce diffraction contrast, using a TEM image as a projection image. The above-mentioned angle-of-elevation dispersion electronic image is used, and it is Japanese Patent Application No. 3-110126. Three-dimensional structure reconstruction is performed by the approach given in a number. A 2-dimensional each cross section is first reconfigured using a projection cutting plane theorem, they are accumulated, and the three-dimensional structure is built.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

EFFECT OF THE INVENTION

[Effect of the Invention] If this invention is used, since the TEM image which observed the candidate for observation from the direction of the arbitration of the circumference of the medial axis of a projection can be obtained, it comes to be able to carry out the direct valuation of the three dimension sample structure. Moreover, observation of the projection image of the requirement **** all direction for reconfiguring the three-dimensional structure of a sample is realized. Therefore, it is not necessary to use the known information about a sample, and the sample configuration of arbitration can be correctly reconfigured from one test piece.

[0043] By this invention, the arbitration configuration within the device structure built in three dimension and the sample structure of an arbitration location can be analyzed in three dimension, and the check and optimization pan of a process of a device can be provided with the important information about a device design.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL PROBLEM

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional test piece for TEM observation, the candidate for observation exists near the core of the test piece processed in the shape of a earthenware mortar. In such a configuration, since the sample thickness which passes an electron ray becomes thick and an electron ray cannot be penetrated if a test piece is made to incline greatly, a TEM image is no longer obtained. Moreover, if a sample holder is made to incline greatly, in order that ring-like a sample base and a sample holder may close the path of an electron ray with the conventional sample holder for TEM observation, a TEM image is no longer obtained. That is, as long as a conventional test piece configuration and a conventional sample holder are used, the range has a limit whenever [sample tilt-angle], and the candidate for observation cannot be observed from the direction of arbitration. The range is about **60 degrees whenever [in general-purpose TEM / tilt-angle], between altitude, since the gap of an electron lens is narrowly designed like TEM of resolution, the width of face of the sample room which inserts a sample holder becomes narrow, and the range is narrow whenever [tilt-angle] further.

[0008] Furthermore, a limit of the range serves as a very serious failure in three-dimension reconstruction whenever [sample tilt-angle]. The plane-of-projection cutting theorem of being used by image reconstruction is a theorem that the 1-dimensional Fourier transform of projection data $p(r, \theta)$ from [of Sample $f(x, y)$] θ is in agreement with the line profile of the cutting plane of the direction of θ of two-dimensional Fourier transform $F(\mu, \nu)$ of a sample (drawing 17 (a)). That is, if the projection data of all the directions is obtained, it will mean that all the information about sample structure was acquired (drawing 17 (b)).

[0009] However, if the projection include-angle range is restricted, as shown in drawing 17 R> 7 (c), required information will be missing, and it will become difficult theoretically to obtain an exact reconstruction image. If it reconfigures under a projection include-angle limit, on a reconstruction image, an intense artifact may be generated and analysis of sample structure may not be able to be performed for the above-mentioned artifact. Although the method of reducing the above-mentioned artifact by image restoration processing had been examined, it was required and the sample configuration to which various assumptions about sample structure can apply restoration processing was limited.

* NOTICES *

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

MEANS

[Means for Solving the Problem] In this invention, the test piece which processed the configuration which has the projection part which connotes the candidate for observation as a test piece for three-dimension observation is used. In the above-mentioned test piece, the candidate for observation is [of the circumference of the medial axis of a projection] observable from all. In order to process a test piece into the above-mentioned configuration, a dicer, focusing ion beam machining equipment, etc. are used. The above-mentioned focusing ion beam machining equipment has the ion beam deflecting system for projection production and Branka who connote the candidate for observation. Furthermore, 1 shaft omnidirectional inclination sample holder is used as a sample holder. The above-mentioned 1 shaft omnidirectional inclination sample holder is constituted by the cylindrical support supported by the maintenance cylinder and the above-mentioned maintenance cylinder, and the above-mentioned cylindrical support is designed so that it can incline in the 1 **** direction. If the medial axis and sample axis of tilt of the projection by the above-mentioned test piece at the tip of the above-mentioned cylindrical support are doubled and installed, to the circumference of the medial axis of a projection, 360 degrees inclines and the candidate for observation can be observed. That is, the TEM image of all the directions for observation can be obtained.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the basic configuration of the transmission electron microscope used in the example of this invention. an electron gun 1, a condensing lens 2, the electron ray deflecting coil 3, an objective lens 4, the sample holder 5, the sample leaning device 6, and the Inca ram (inch-column) mold 7 -- it consists of computers 9 equipped with the energy filter, the image recording equipment 8 and the software for control, and image-processing software of the postcolumn (post-column) mold 35 again.

[0012] The configuration of the test piece 10 used for drawing 2 by this example is shown. The test piece 10 is processed into the chip which has the projection part 11 in a certain field. Let the medial axis of projection 11 be the z-axis. The projection part 11 has connoted the candidate 12 for observation. Diameter 2R of the projection in the above-mentioned field is carried out within limits which can pass an electron ray. The distance in which an electron ray penetrates diameter 2R, so that acceleration voltage becomes high depending on the acceleration voltage of an incidence electron ray becomes long. In the case of 100-300kV acceleration voltage, in the case of 100nm or less and 3MV, 2R is 10 micrometers or less.

[0013] Said test piece 10 is fixed to the sample base 13 shown in drawing 3. The screw 16 which fixes the sample base 13 to the cylindrical support 15 is formed in the upper part of the sample base 13 at the base in which a test piece 10 is installed, and the lower part. There are a sample base (drawing 3 (a)) which fixes a test piece 10 with adhesives, and a sample base (drawing 3 (b)) fixed with a screw.

[0014] In the sample base 13 of drawing 3 (a), the upper part of the sample base 13 and the inferior surface of tongue of a test piece 10 are fixed with adhesives. Since equipment structure is simple, it has the description that a miniaturization is easy.

*** NOTICES ***

JPO and NCIPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The whole transmission electron microscope block diagram used in the example of this invention.

[Drawing 2] The conceptual diagram showing the configuration of the test piece for three-dimension observation.

[Drawing 3] The block diagram of the sample base in which a test piece is installed.

[Drawing 4] The block diagram of 1 shaft omnidirectional sample holder.

[Drawing 5] The explanatory view of processing justification of a test piece.

[Drawing 6] The sectional view of the standard sample holder for SEM.

[Drawing 7] The block diagram of a sample breakage protective cover.

[Drawing 8] The basic block diagram of the focusing ion beam machining equipment of one example of this invention.

[Drawing 9] The explanatory view showing the process which starts a thicker projection using a dicer.

[Drawing 10] The explanatory view showing the process which starts a thicker projection using a dicer.

[Drawing 11] The explanatory view of the processing process of a test piece.

[Drawing 12] The explanatory view of the processing process of a test piece.

[Drawing 13] The explanatory view of the processing process of a test piece.

[Drawing 14] The explanatory view of the processing process of a test piece.

[Drawing 15] The explanatory view showing the radius of a height and the relation of an ion beam machining location which are formed in a test piece.

[Drawing 16] The explanatory view of the section for observation on a test piece.

[Drawing 17] The explanatory view of a projection cutting plane theorem.

[Description of Notations]

1 [-- Objective lens,] -- An electron gun, 2 -- A condensing lens, 3 -- An electronic deflecting coil, 4 5 - A sample holder, 6 -- A sample leaning device, 7 -- in-column mold energy filter, 8 -- Image recording equipment, 9 -- The computer equipped with the software for control, and the software for image processings, 10 [-- A sample base, 14 / -- Maintenance cylinder,] -- A test piece, 11 -- A projection, 12 -- 13 for observation 15 -- Cylindrical support, 16 -- The screw for sample base immobilization, 17 -- The mark for test piece justification, 18 -- The cross-joint pattern inserted on the optical axis of an optical microscope, 19 -- Sample base slewing gear, 20 -- The standard-substance base for SEM, 21 -- The liquid metal ion source, 22 -- Condensing lens, 23 [-- Sample holder,] -- Branka, 24 -- Ion beam deflecting system, 25 -- An objective lens, 26 27 [-- Image recording equipment and a control computer,] -- A sample leaning device, 28 -- A sample cooler style, 29 -- A mass analysis machine, 30 31 [-- A sample breakage protective cover 35 / -- A post-column mold energy filter, 111 / -- Projection field.] -- A dicer, 32 -- The mark, 33 which are used for referring to the location for observation -- An ion beam, 34

JP,10-111223,A [DESCRIPTION OF DRAWINGS]

Page 2 of 2

[Translation done.]

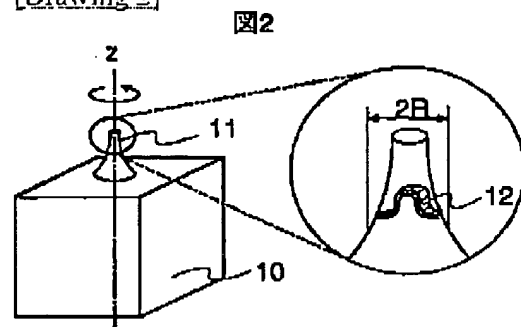
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

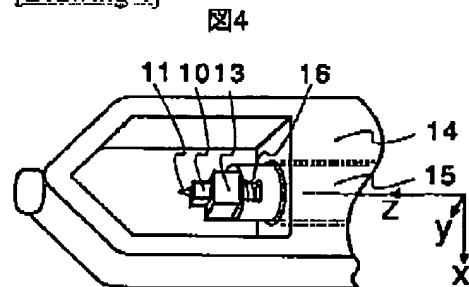
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

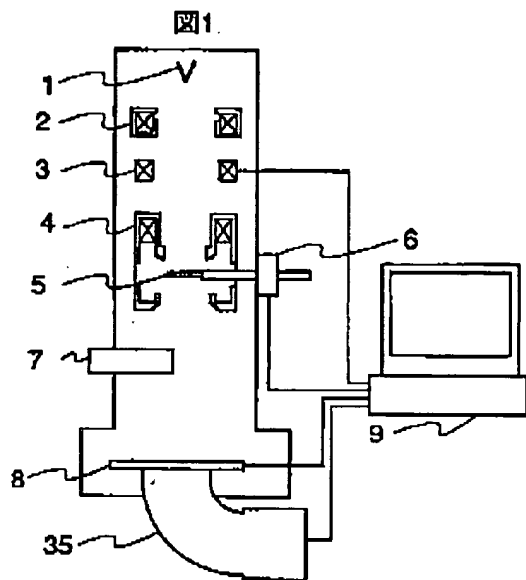
[Drawing 2]



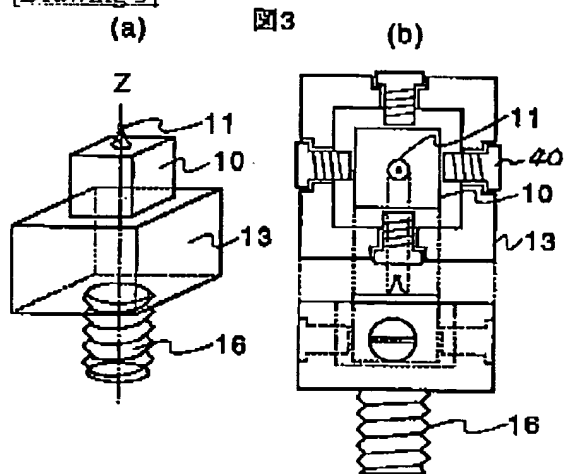
[Drawing 4]



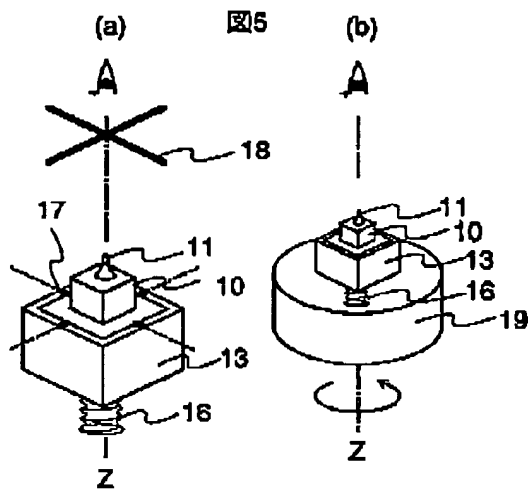
[Drawing 1]



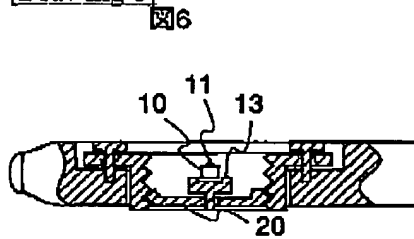
[Drawing 3]



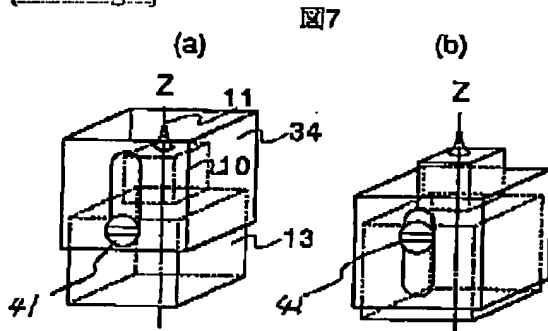
[Drawing 5]



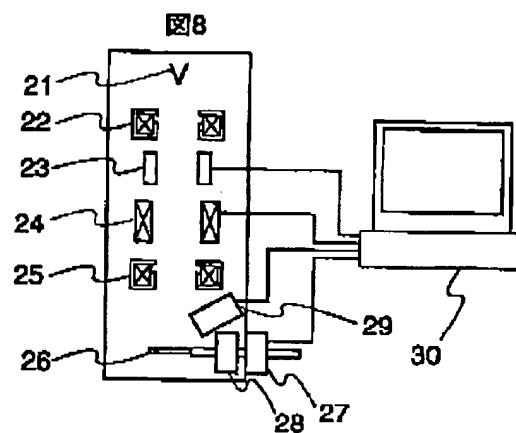
[Drawing 6]



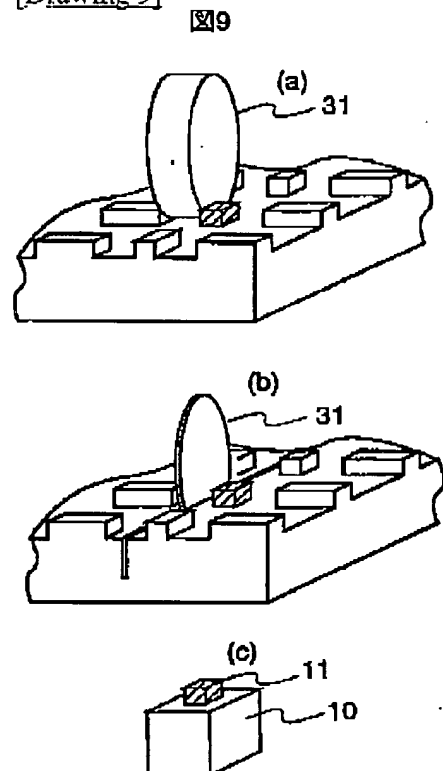
[Drawing 7]



[Drawing 8]

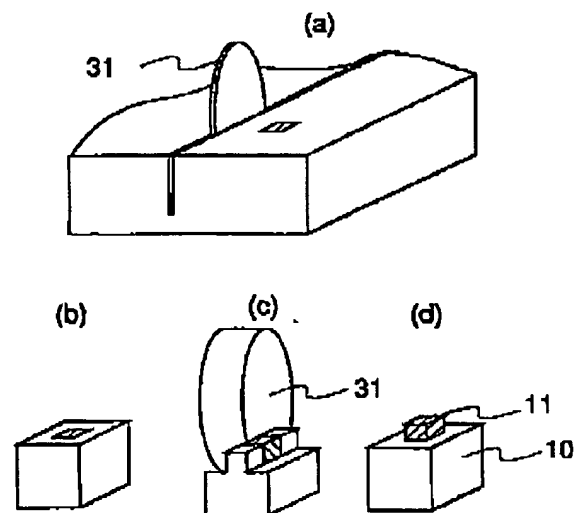


[Drawing 9]



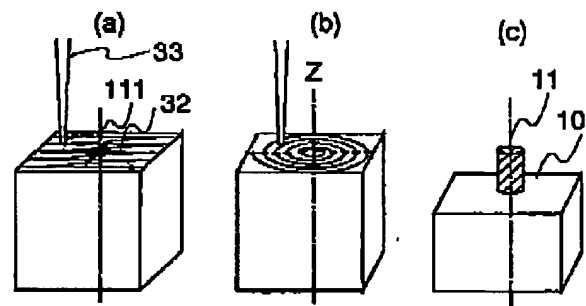
[Drawing 10]

図10



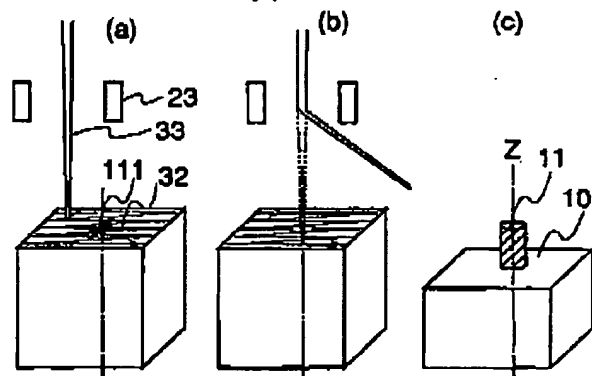
[Drawing 11]

図11



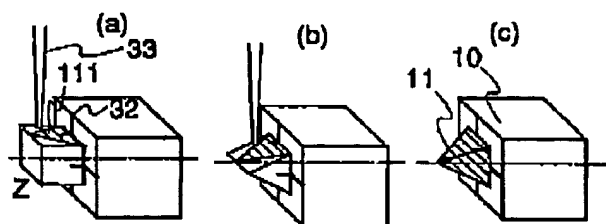
[Drawing 12]

図12



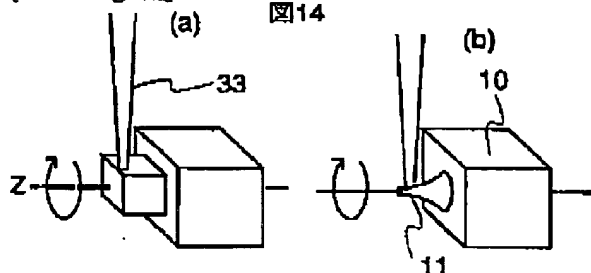
[Drawing 13]

図13



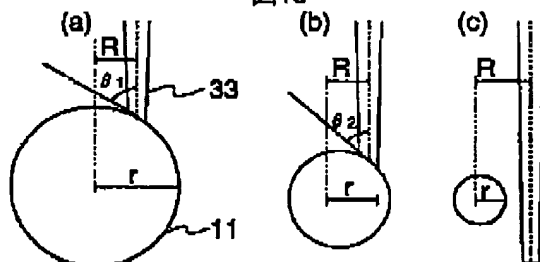
[Drawing 14]

図14



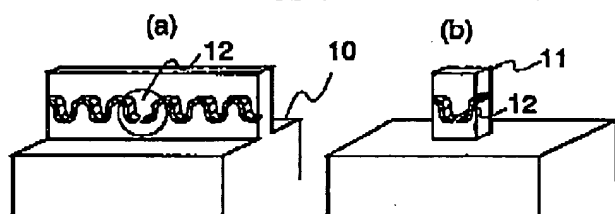
[Drawing 15]

図15

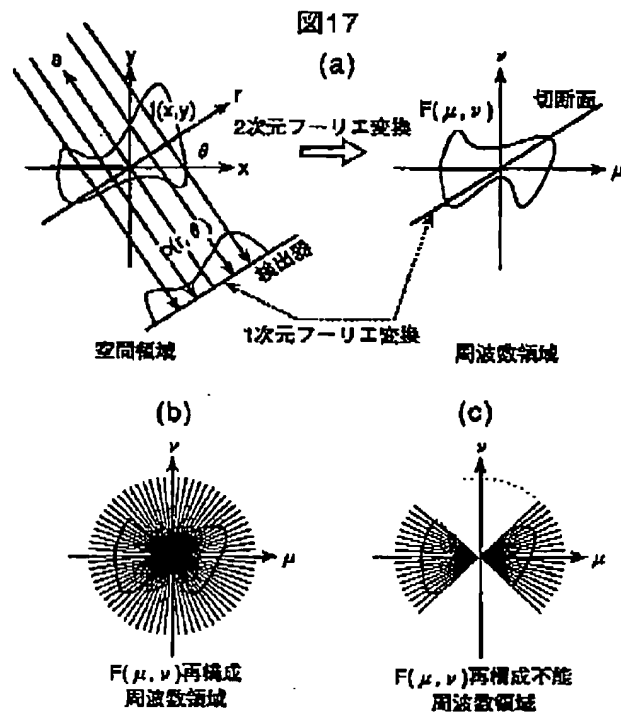


[Drawing 16]

図16



[Drawing 17]



[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION OR AMENDMENT

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law
[Section partition] The 1st partition of the 6th section
[Publication date] March 12, Heisei 15 (2003. 3.12)

[Publication No.] JP,10-111223,A
[Date of Publication] April 28, Heisei 10 (1998. 4.28)
[Annual volume number] Open patent official report 10-1113
[Application number] Japanese Patent Application No. 8-264067
[The 7th edition of International Patent Classification]

G01N 1/28
1/32
H01J 37/20

37/22 501
37/30

[FI]

G01N 1/28 G
1/32 B
H01J 37/20 A
C
37/22 501 A
37/30 Z

[Procedure revision]
[Filing Date] November 26, Heisei 14 (2002. 11.26)
[Procedure amendment 1]
[Document to be Amended] Specification
[Item(s) to be Amended] Claim
[Method of Amendment] Modification
[Proposed Amendment]
[Claim(s)]

[Claim 1] An electron gun, an electron lens, an electron ray deflecting coil, a sample holder, and sample rotation / migration device, The cylindrical support with which it has an energy filter for removing an inelastic-scattering electron at least, and said sample holder inclines in the 1 **** direction further, The electron microscope for three-dimensional structure observation characterized by including the holder migration device in which the whole holder is moved to sample inclination Z shaft orientations, the incidence Y shaft orientations of an electron ray, and X shaft orientations that intersect perpendicularly

with said two shafts.

[Claim 2] It is the three-dimensional structure observation approach characterized by making in agreement with the sample axis of tilt Z the medial axis of the test piece laid at the tip of the cylindrical support in said sample holder in order to be the approach of carrying out structural analysis of the sample to a three dimension and to rotate 360 degrees of test pieces with an electron microscope.

[Claim 3] The sample listing device for three-dimensional structure observation characterized by providing the sample migration and the slewing gear for processing a sample into the test piece which has the ion source, a condensing lens, an objective lens, a sample holder, and a mass spectrograph at least, and connoted the candidate for observation further, ion deflecting system, an ion beam controlling mechanism, and the interruption equipment of ion irradiation.

[Claim 4] The sample listing device for three-dimensional structure observation characterized by including a rectangular cross or the means to which incidence of the ion beam is carried out in parallel to a means to rotate a sample to the circumference of the medial axis of a projection, and the medial axis of a projection in order to process it into the test piece which connoted the candidate for observation in the sample listing device for three-dimensional structure observation according to claim 3.

[Translation done.]